

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «АДАПТЕР БУКСОВОГО УЗЛА»

Дипломный проект  
Профиля по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение ( по  
отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
профилизации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 195

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В.Бородина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ  
ДЕТАЛИ  
«АДАПТЕР»**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению подготовки 44.03.04

Профессиональное обучение ( по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
профилизации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный номер ВКР: 195

Исполнитель:

студент группы Т0-401

В.К. Терещенко

Руководитель:

доцент кафедры ТМС,  
канд. техн. наук, доцент

Г.Н. Мигачёва

Екатеринбург 2016

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		1

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 78 листа машинописного текста, 39 таблиц, 11 использованных источников, приложения на 4 листах, , графическую часть на 9 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, ОТЛИВКА, РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ, РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

В дипломном проекте разработан технологический процесс механической обработки детали «Адаптер». Разработана управляющая программа на механическую обработку детали «Адаптер буксового узла».

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической себестоимости данного технологического процесса.

В методической части представлена разработка урока комбинированного обучения для переподготовки операторов станков с программным управлением.

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		2

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ИХ АНАЛИЗ .....	7
1.1.Служебное назначение и техническая характеристика детали «Адаптер».....	7
1.2.Анализ технологичности конструкции детали .....	9
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	12
2.1. Выбор типа производства.....	12
2.2. Выбор метода получения заготовки.....	12
2.3. Выбор технологических баз.....	14
2.4. Разработка технологического процесса.....	16
2.5. Выбор оборудования.....	18
2.6. Выбор инструмента.....	21
2.7. Расчет припусков заготовки.....	28
2.8. Расчет и назначение режимов резания.....	32
2.9. Расчет норм времени.....	34
2.10. Разработка фрагмента управляющей программы для станка с ЧПУ .	36
3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	39
3.1. Определение количества технологического оборудования .....	39
3.2. Определение капитальных вложений .....	41
3.3. Расчет технологической себестоимости детали .....	41
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	56
4.1. Вводная часть .....	56
4.2. Анализ требований к уровню и содержанию подготовки операторов станков с программным управлением .....	57

4.3.Разработка учебного плана повышения квалификации рабочего.....	59
4.4. Составление перспективно-тематического плана .....	62
4.5. Занятие теоретического обучения.....	66
4.6. План-конспект занятия. ....	68
4.7. Итоговая аттестация.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Лист задания по дипломному проектированию.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень листов графических документов.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект технологической документации.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Комплект слайдов.....	78

## ВВЕДЕНИЕ

В нынешней экономической ситуации в машиностроении кроме требований к качеству продукции, так же ведущим фактором является экономическая выгодность. На производствах стараются применять более экономичные и производительные технологические процессы, чтобы производить больше и дешевле. Это будет повышать уровень конкурентоспособности предприятия и приносить большую прибыль.

Для решения этой задачи, применяются прогрессивные технологии, такие как автоматизация технологических процессов. Она включает такие элементы как: станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированные складские системы и т.д.

Современные обрабатывающие центры, заменяют несколько универсальных станков и вместо нескольких рабочих необходим один оператор. Это доказывает эффективность применения современных технологий. Так же стоит отметить, что устаревшие станки часто требуют ремонта и переналадки, а это замедляют производственный процесс. Именно по этому все предприятия стараются переходить на новую ступень производства.

Переход на обработку деталей на станках с ЧПУ – прогрессивный шаг и дает ряд преимуществ, таких как:

- повышение производительности труда;
- уменьшение количества оборудования и, как следствие, производственных площадей;
- сокращение количества персонала;
- отказ от некоторых технологических приспособлений и упрощение их конструкции.

Целью дипломного проекта является:

- Разработка технологического процесса механической обработки детали «Адаптер » на основе применения станков с ЧПУ.

Задачами дипломного проекта являются:

- Проанализировать служебное назначение, технические требования и технологичность конструкции детали «Адаптер»;
- Выбрать тип производства, метод получения заготовки и технологические базы;
- Разработать технологический процесс обработки детали, выбрать оборудование, инструмент;
- Разработать фрагмент управляющей программы обработки детали для станка с ПУ;
- Провести экономический расчёт технологического процесса;
- Разработать методику переподготовки рабочих для работы на станках с ПУ.

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		6

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ИХ АНАЛИЗ

### 1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали «Адаптер»

Деталь является частью единицы буксового узла (рис.1) - опорный переходник незамкнутой формы (2), который устанавливается на буксовый узел (3) и предназначен для передачи на него нагрузки от боковой рамы (1).

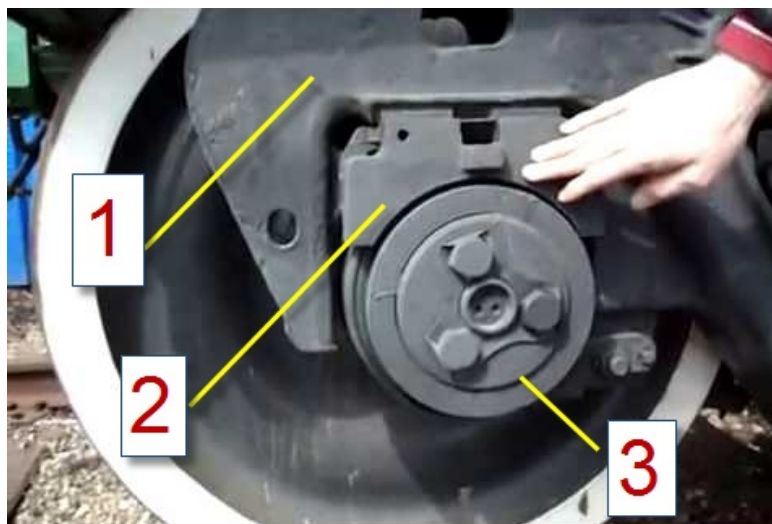


Рисунок 1- Буксовый узел

Деталь изготавливается из литой стали легированной ванадием. 20ФЛ ГОСТ 977 - 88

Ванадий повышает твердость и прочность, измельчает зерно. Увеличивает плотность стали, так как является хорошим раскислителем, он дорог и дефицитен. Данные свойства материала позволяют выдерживать ударные нагрузки и давление, что позволяет детали сохранять свои технологические свойства.

Таблица 1 - Материал изделия

Марка	20ФЛ
Классификация	Сталь для отливок легированная
Применение	крупногабаритные детали грузовых вагонов: корпус автосцепки, тяговый хомут, надрессорная балка и боковая рама тележки.



Таблица 2-Химический состав в %, материала 20ФЛ

C	Si	Mn	S	P	V
0.14 - 0.25	0.2 - 0.52	0.7 - 1.2	до 0.05	до 0.05	0.06 - 0.12

Прочность сплава 20ФЛ можно повысить термической обработкой.

Исходная заготовка для детали является отливка из сортамента указанного в таблице 3.

Таблица 3-Механические свойства при T=20°C материала 20ФЛ

Сортамент	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	Термообр.
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
Отливки, ГОСТ 977-88	491	294	18	35	491	Нормализация 920 - 960°C, Отпуск 600 - 650°C,

Механические свойства:

- $\sigma_B$  - Предел кратковременной прочности, [МПа]
- $\sigma_T$  - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]
- $\delta_5$  - Относительное удлинение при разрыве, [ % ]
- $\psi$  - Относительное сужение, [ % ]
- KCU- Ударная вязкость, [ кДж / м<sup>2</sup>]
- НВ - Твердость по Бринеллю

Выбранный материал соответствует, требуемым механическим свойствам для эксплуатации детали.

## 1.2.Анализ технологичности конструкции детали

Деталь представляет собой корпус с радиальным отверстием в центральной части. Самой точной поверхностью является пов.10 (R125), которое выполняется по 8-му качеству и шероховатостью Rz 20 мкм. Симметричность пов-ей 9 относительно пов.10 Т4мм, шероховатость в отверстии не более Rz 40. Перпендикулярность пов-ей М относительно пов.Д 0,1мм.

Оценка технологичности конструкции детали, может быть двух видов: качественной и количественной.

Качественная оценка технологичности конструкции детали.

Таблица 4- Анализ технологичности конструкции детали

1)Использование прогрессивных заготовок, сокращающие объём мех. обработки.	Хорошо
2)При конструировании детали используются простые геометрические формы.	Хорошо
3)Обоснование заданных требований к точности размеров и форм деталей	Хорошо
4) Для снижения объёма мех.обработки, предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей .	Хорошо
5)Обеспечена достаточная жесткость детали	Хорошо
6)Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки	Хорошо
7) Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки	Хорошо
8) Учтена возможность одновременной установки нескольких деталей	Хорошо

Производим количественную оценку технологичности конструкции

Коэффициент использования материала

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} = 16/20 = 0.8,$$

где  $M_{\text{д}}$ -масса детали,  $M_{\text{з}}$ -масса заготовки

Коэффициент точности обработки детали

$$K_{\text{т}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{о}}} = 4/14 = 0.2,$$

где  $T_{\text{н}}$ -число размеров необоснованной точности,

$T_{\text{о}}$ -число размеров подлежащих обработке

Коэффициент шероховатости поверхности детали

$$K_{\text{ш}} = \text{Ш}_{\text{н}}/\text{Ш}_{\text{о}} = 4/15 = 0.2,$$

где  $\text{Ш}_{\text{н}}$ -число размеров необоснованной шероховатости

$\text{Ш}_{\text{о}}$ -число размеров подлежащих обработке

Исходя из результатов анализа, данная деталь является технологичной.

В качестве заготовки в имеющемся техпроцессе используется отливка в формы.

В ВКР будет произведён расчёт размеров и допусков для получения заготовки методом отливки в оболочковые формы.

Литьем в оболочковые формы называется такой метод литья, при котором отливки получают в форме, состоящей из двух песчано-смоляных оболочек.

Преимущества литья в оболочковые форм заключается в следующем:

- уменьшение параметров шероховатости поверхности и существенное улучшение внешнего товарного вида отливок;
- возможность литья «в размер», с отклонением размера от 0,8мм;

- возможность получения отливок с тонким и сложным рельефом, а также толстостенных отливок с литыми каналами малых сечений;
- уменьшение трудоемкости ряда операций технологического процесса (приготовление смеси, изготовление формы, очистка отливок и пр.);
- сокращение в 8-10 раз и более объема переработки и транспортирования формовочных материалов;
- уменьшение металлоемкости формовочного оборудования.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1. Выбор типа производства

Определение типа производства производится в зависимости от годового объема выпуска и массы детали.

Таблица 5 - Зависимость типа производства от объема годового выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единично е	мелкосери йное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

В соответствии с таблицей 5, при массе детали 16 кг и годовом объеме выпуска 4000 шт., определим тип производства как среднесерийное.

Размер производственной партии деталей в среднесерийном производстве может быть определен по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{4000 \cdot 6}{254} \approx 95 \text{ шт.},$$

где, N – годовой объем выпуска деталей

$a = 6 \dots 10$  – число дней запаса деталей на складе для обеспечения ритмичности сборки;

256 – число рабочих дней в году.

### 2.2. Выбор метода получения заготовки

Литье в оболочковые формы

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали.

От правильности выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависят характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента, и, в итоге, стоимость изготовления детали.

Исходя из геометрии изделия, а также её размеров и принимая по внимание тот факт, что деталь относится к корпусным, наиболее экономичным и менее трудоёмким будет изготовление заготовки методом отливки, т.к. он позволяет изготавливать заготовки практически любых форм, размеров и конфигураций.

Деталь имеет много сопрягаемых поверхностей и её масса 16 кг, поэтому выбираю метод литья в оболочковые формы. Этот способ литья обеспечит 6-9 класс размерной точности, 5т-11т класс точности массы и шероховатость Rz 100-12,5 у заготовки.

Точность отливки 8-0-0-10т (ГОСТ 26645-85)

По классу размерной точности определяем допуск размера отливки и предельные отклонения размеров. Величина допуска зависит от класса точности размеров и номинального размера детали.

По ГОСТ 26645-85, назначаем припуски на обработку и допуски на размеры отливки. При интервале номинальных размеров детали св.250 до 400 мм и 8-ом классе размерной точности, назначаю допуск размеров отливки равным 2мм. Предельные отклонения размеров симметричные.

При наибольшем габаритном размере детали равном 252 мм, Номинальном размере 121-260 мм и способ литья в оболочковые формы, назначаю припуск на мех.обработку стальной отливки равным 6.0 мм (для

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		13

поверхностей расположенных сверху) и 4.0 мм(для поверхностей расположенных сбоку и снизу детали).

### 2.3. Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительного положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, выбор режущих и измерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки.

Исходными данными для выбора баз являются: чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы детали в машине.

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при обработке заготовок на станках.

Выделяют основные и вспомогательные базы, черновые и чистовые.

К основным принципам и требованиям, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз, относятся:

- Принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимают конструкторские базы
- Принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы
- Требования хорошей устойчивости и надёжности установки заготовки.

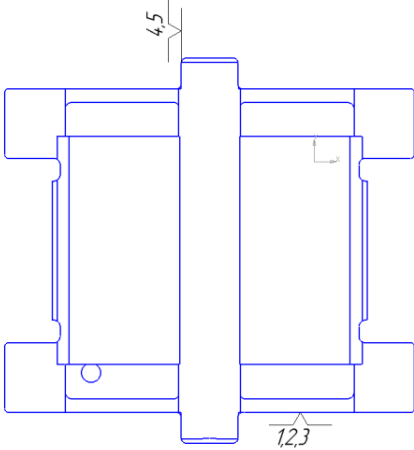
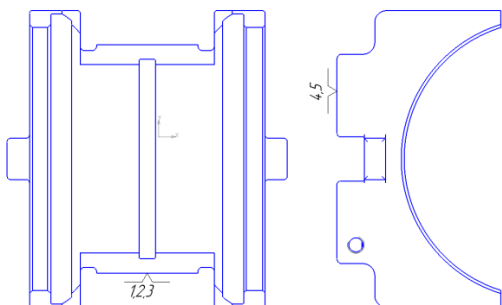
Выбор баз для первой операции, на данной операции обрабатываются пов-ти: 1, 2, 3, 4, 5,6.

В качестве баз для первой операции обработки выбираются пов. р-р 200мм. Это обоснованно тем, что данные поверхности не обрабатываются механически, не используются в дальнейшем базировании, обеспечивают подход инструмента к обрабатываемым поверхностям и имеют достаточную площадь для надёжного закрепления заготовки.

Выбор баз для второй операции, на данной операции обрабатываются пов-ти: 7,8,9,10,11,12,13,14. В качестве баз принимаются пов-ти 3 и 1

Схемы базирования заготовки для разработанного технологического процесса представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Схемы базирования заготовки

№ операции	Обрабатываемые поверхности	Схемы базирования заготовки	Описание
005	1, 2, 3, 4, 5,6		Деталь базируется в специальном приспособлении. По 4-е заготовки на одном приспособлении
010	7,8,9,10,11,12,13,14		Деталь базируется в специальном приспособлении. По 4-е заготовки на одном приспособлении



## 2.4. Разработка технологического процесса

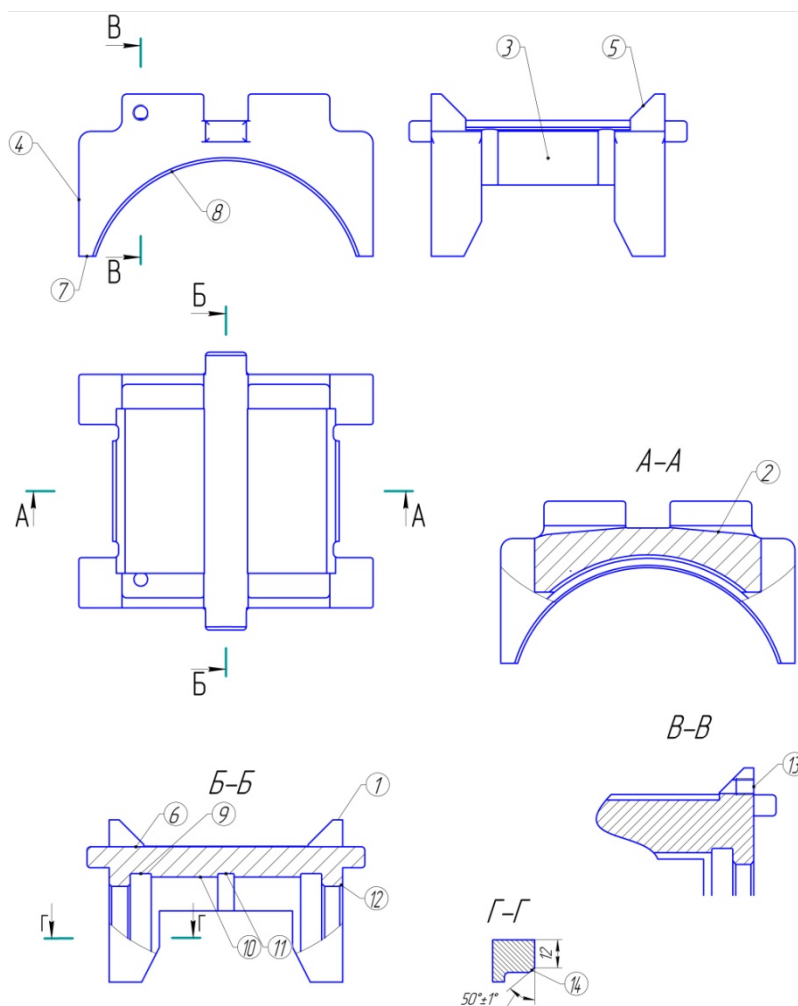


Рисунок 2 – Эскиз обрабатываемой детали

Таблица 7 – Технологический процесс обработки детали

№	Операция	Оборудование	Инструмент	Наименование и краткое содержание операции
005	Комбинированная	Горизонтальный обрабатывающий центр Kafo HMC 630	T1. Фреза HM390 FTP D063-7-27-10 T2. Фреза T445 SM-D050-23-3-27-13 T3. Фреза EC-E4L 25-50/65W25CF121	Установить 4 детали в спец. приспособление. Фрезеровать пов. 1 окончательно Фрезеровать пов. 2 окончательно Повернуть паллету на 90 град.

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
				<p>Фрезеровать одну пов. Зокончательно</p> <p>Фрезеровать две пов. 4 окончательно</p> <p>Повернуть паллету на 180 град.</p> <p>Фрезеровать второй бок пов. 3 окончательно</p> <p>Фрезеровать две пов.4 окончательно</p> <p>Повернуть паллету на 90 град.</p> <p>Сменить инструмент</p> <p>Фрезеровать пов.5 окончательно</p> <p>Сменить инструмент</p> <p>Фрезеровать пов.6 окончательно</p>
010	Комбиниро ванная	Горизонтальный обрабатывающий центр Kafo HMC 630	<p>T1.Фреза HM390 FTP D063-7-27-10</p> <p>T4. Фреза FDN D125-1723-32R- CALN13</p> <p>T5. Фреза FDN D100-14-27-XN13</p> <p>T6. Резец IHSR 161-802 BW</p> <p>T7. Фреза T245 ELN D12-4-C16-05</p> <p>T8. Сверло DCN 100-030-16R-3D</p>	<p>Установить 4 детали в спец.приспособление .</p> <p>Фрезеровать торец 7 окончательно</p> <p>Повернуть паллету на 90 град.</p> <p>Фрезеровать пов.8 окончательно</p> <p>Фрезеровать канавку 9 окончательно</p> <p>Фрезеровать канавку 10 предварительно</p> <p>Сменить инструмент</p>

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

ДП 44.03.04.195 ПЗ

Лист

17

## Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
			T9. Фреза MM S-A-L065-W16-T06	Фрезеровать канавку 11 окончательно
010			T10. Метчик EP2056312-M12	Сменить инструмент Расточить канавку 10 окончательно Сменить инструмент Фрезеровать фаски 12 Сменить инструмент Сверлить отв.13 Сменить инструмент Фрезеровать фаску на отв.13 Сменить инструмент Нарезать резьбу на отв.13 Сменить инструмент Фрезеровать фаску 14

## 2.5. Выбор оборудования

Технологическое оборудование выбирается согласно принятым методам обработки поверхностей. При этом учитываются следующие факторы:

- размеры стола станка должны быть в 1,2-1,5 раза больше габаритных размерами детали для обеспечения возможности установки и закрепления на столе приспособления;
- мощность двигателя главного привода станка должна быть достаточной для принятого метода обработки;

габаритные размеры и масса станка должны быть наименьшими.

### Горизонтальный обрабатывающий центр Kafo HMC 630 .

Горизонтальные металлорежущие станки серии HMC-630 являются самыми мощными и производительными в своём классе стандартные обороты шпинделя 6000 об/мин. Перемещения по осям X-1050, Y-800, Z-880 и нагрузку на стол 1200 кг. Станок оснащен 40-позиционной revolverной головкой с приводным инструментом, время смены инструмента 3 сек.



Рисунок 3 – Фрезерный обрабатывающий центр Kafo HMC 630

Таблица 8 – Технические характеристики станка

Технические характеристики	Ед.изм.	HMC-630
1	2	3
Основные параметры		
Расстояние от торца шпинделя до стола	мм	150~1030
Максимальная нагрузка на стол	кг	1200
Размер стола (Длина х Ширина)	мм	630×630

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Расстояние от центра шпинделя до поверхности стола	мм	100~900
Перемещения		
Осевое перемещение (ось Z)	мм	880
Продольное перемещение (ось Y)	мм	800
Продольное перемещение (ось X)	мм	1050
X-Y-Z рабочие подачи	м/мин	10
X-Y-Z холостые ходы	м/мин	24
Шпиндель		
Двигатель шпинделя	кВт	15/18,5
Максимальные обороты шпинделя и конус	об/мин	6000/10000
Автоматическая смена инструмента		
Максимальный вес инструмента	кг	20
Максимальный диаметр x длина инструмента	-	Ø 125 x 400
Инструментальный магазин	-	40
Время смены инструмента	сек	3
Другие параметры		
Количество паллет	-	2
Дискретность стола	-	0,001°
Мощность движения по осям X, Y, Z, B	кВт	7/6/7/4

## Окончание таблицы 8

Время смены паллет	сек	15
Вес станка	кг	19000

Данный ОЦ позволит выполнить весь процесс обработки детали, который включает в себя фрезерование, расточка и сверление.

### 2.6. Выбор инструмента

При выборе режущего инструмента для обработки корпуса среднего в первую очередь руководствуемся технологией изготовления, используемым оборудованием, материалом детали и техническими требованиями.

Корпус средний изготовлен из стали для отливок 20ФЛ, для обработки этого материала рекомендуется использовать режущий инструмент оснащенный пластинами из твердого сплава (например ЕС-Е4L 25-50/65W25CF121), что позволяет вести обработку на повышенных режимах резания и без ущерба точности полученных размеров и шероховатости поверхности.





Обозначение	Д	д	ал	Ч	Л	Флейта	Га°	°РД	Хвостовик	Ч	ФЗ (мин)	ФЗ (Макс)	Жесткая "----" Жесткий
EK-E4L 01-2/04C04CF50	1.00	4.00	2.20	4.00	50.00	4	38.0	5.0	C	0.04	0.02	0.05	IC900
EK-E4L 02-4/06C04CF50	2.00	4.00	4.30	6.10	50.00	4	38.0	5.0	C	0.08	0.02	0.05	IC900
EK-E4L 03-8/11C06CF57	3.00	6.00	8.00	11.00	57.00	4	38.0	5.0	C	0.10	0.02	0.05	IC300 IC900 IC608
EK-E4L 04-10/14C06CF57	4.00	6.00	10.00	14.00	57.00	4	38.0	5.0	C	0.15	0.02	0.05	IC300 IC900 IC608
EK-E4L 06-12/17C06CF57	5.00	6.00	12.00	17.00	57.00	4	38.0	5.0	C	0.18	0.02	0.06	IC300 IC900 IC608
EK-E4L 06-14/20C06CF57	6.00	6.00	14.00	20.00	57.00	4	38.0	5.0	C	0.25	0.03	0.07	IC300 IC900 IC608
EK-E4L 06-14/20W06CF57	6.00	6.00	14.00	20.00	57.00	4	38.0	5.0	Вт	0.25	0.03	0.07	IC300 IC900 IC608
EK-E4L 08-18/26C08CF563	8.00	8.00	18.00	26.00	63.00	4	38.0	5.0	C	-	0.03	0.08	IC900
EK-E4L 08-18/26C08CF63	8.00	8.00	18.00	26.00	63.00	4	38.0	5.0	C	0.30	0.03	0.09	IC300 IC900 IC608
EK-E4L 08-18/26W08CF63	8.00	8.00	18.00	26.00	63.00	4	38.0	5.0	Вт	0.30	0.03	0.09	IC300 IC900 IC608

Cutting Speed for: EC-E4L 25-50/65W25CF121 IC900 - 5622762				
ISO	Material	Material Description	Material Condition	Cutting Speed Recommendations
P 1		Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel <0.25%C.	Annealed :125	260-280 m/min
P 2		Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel >=0.25%C.	Annealed :190	200-230 m/min
P 3		Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel <0.55%C.	Quench and tempered :250	160-220 m/min
P 4		Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel >=0.55%C.	Annealed :220	160-220 m/min
P 5		Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel >=0.55%C.	Quench & tempered :300	140-180 m/min
P 6		Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements).	Annealed :200	160-220 m/min
P 7		Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements).	Quench & tempered :275	120-180 m/min
P 8		Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements).	Quench & tempered :300	130-180 m/min
P 9		Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements).	Quench & tempered :350	140-180 m/min
P 10		High alloyed steel, cast steel and tool steel.	Annealed :200	130-180 m/min
P 11		High alloyed steel, cast steel and tool steel.	Quench & tempered :325	70-120 m/min
P 12		Stainless steel and cast steel.	Ferritic/martensitic :200	80-160 m/min
P 13		Stainless steel and cast steel.	Martensitic :240	60-150 m/min

Рисунок 4 – Пластина для обработки

Учитывая все вышеперечисленные условия, используем для обработки детали в основном металлорежущий инструмент производства компании Iskar.

Выбранное оснащение процесса обработки, удовлетворяет требования по качеству и экономической эффективности.

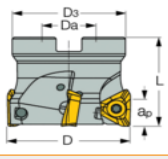

*Операция 005 фрезерная:*

Пов-ти 1,2,3,4 обрабатываем фрезой HM390 FTP D063-7-27-10



Рисунок 5 – фреза HM390 FTP D063-7-27-10

Таблица 9 – Параметры фрезы HM390 FTP D063-7-27-10

Milling Family : HM390 FTP-10 90° face mills carrying the HM390 TPKT 1003 triangular inserts with 3 helical cutting edges. Designation : HM390 FTP D063-7-27-10									
 									
D	Z	ap	L	D3	Da	Arbor	Rd°	Kg	
63.00	7	8.00	45.00	61.00	27.00	A	0.9	0.680	

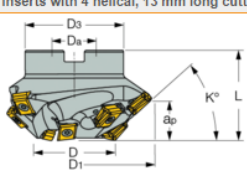

Поверхность 5 обрабатываем фрезой T445 SM-D050-23-3-27-13



Рисунок 6 – фреза T445 SM-D050-23-3-27-13

Таблица 10– Параметры фрезы T445 SM-D050-23-3-27-13

Milling Family : T4...SM Conical Shell Mills Conical extended flute shell mills, carrying T490 LNMT/LNHT 13... tangentially clamped inserts with 4 helical, 13 mm long cutting edges. Designation : T445 SM-D050-23-3-27-13

D	K°	ap	D1	Zeff	Z	L	D3	Da	Arbor	Kg
50.00	45.0	23.50	98.20	3	9	55.00	60.00	27.00	A	1.173

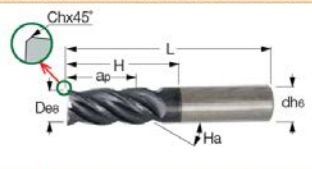


Поверхность 6 обрабатываем фрезой EC-E4L 25-50/65W25CF121



Рисунок 7 – фреза EC-E4L 25-50/65W25CF121

Таблица 11– Параметры фрезы EC-E4L 25-50/65W25CF121

Milling Family : EC-E4L-CF 4 flute, 38° helix with variable pitch for roughing and finishing operations. High material removal rates and chatter free. Used for machining alloyed and stainless steel, titanium and exotic materials. Full slot milling - up to 3XD. Designation : EC-E4L 25-50/65W25CF121

D	d	ap	H	L	Flute	Ha*	Rd*	Shank	Ch	fz(min)	fz(max)
25.00	25.00	50.00	65.00	121.00	4	38.0	5.0	W	0.60	0.05	0.17



Операция 010 Фрезерная:

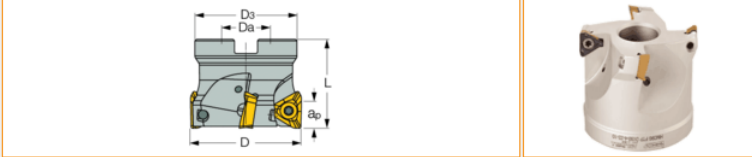
Пов-ть 7 обрабатываем фрезой HM390 FTP D063-7-27-10



Рисунок 8 – фреза HM390 FTP D063-7-27-10

Таблица 12 – Параметры фрезы HM390 FTP D063-7-27-10

Milling Family : HM390 FTP-10 90° face mills carrying the HM390 TPKT 1003 triangular inserts with 3 helical cutting edges. Designation : HM390 FTP D063-7-27-10



D	Z	ap	L	D3	Da	Arbor	Rd*	Kg
63.00	7	8.00	45.00	61.00	27.00	A	0.9	0.680

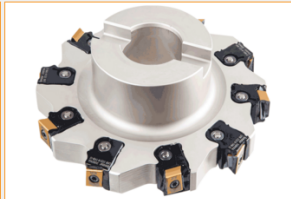
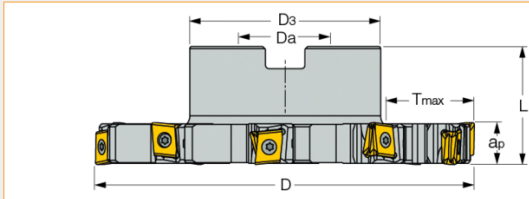
Пов-ти 8,9, 10(предварительно) обрабатываем фрезой FDN D125-1723-32R-CALN13



Рисунок 9 – фреза FDN D125-1723-32R-CALN13

Таблица 13 – Параметры фрезы FDN D125-1723-32R-CALN13

**Milling** Family : **FDN-CALN13** Full slot adjustable slotting cutters with cartridges using T490 LNHT 1306PNTR/L inserts, 17.5-23.0 mm width range. Each cutter body can be changed into full slot, bottom or top milling configuration by mounting the cartridges accordingly. Designation : FDN D125-1723-32R-CALN13



ap min	ap max	Tmax	D	D3	Da	Z	Zeff	L	Arbor	Kg
17.50	23.00	30.00	126.00	65.00	32.00	8	4	39.25	B	1.430

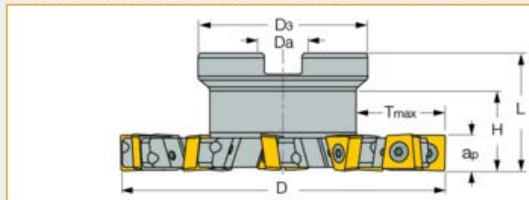
Пов-ть 11 обрабатываем фрезой FDN D100-14-27-XN13



Рисунок 10 – фреза FDN D100-14-27-XN13

Таблица 14 – Параметры фрезы FDN D100-14-27-XN13

**Milling** Family : **FDN-XN13** Full slot flange-type, slotting cutters carrying XNMT 1306 square inserts with 4 right- and 4 left-hand cutting edges. Designation : FDN D100-14-27-XN13



D	ap	Z	Zeff	Tmax	D3	Da	H	L	Arbor	Kg
100.00	14.00	10	10	26.00	55.00	27.00	26.50	40.00	B	0.609

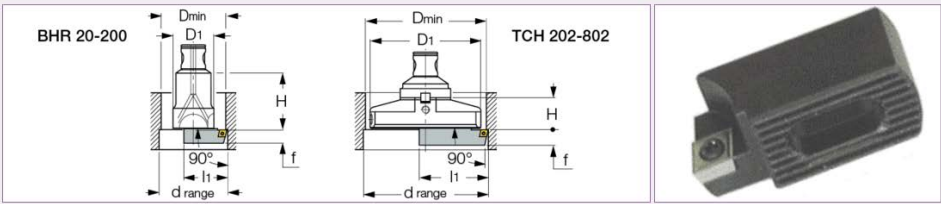
Пов-ть 10 (окончательно) растачиваем резцом IHSR 161-802 BW



Рисунок 11 – расточной резец IHSR 161-802 BW

Таблица 15 – Параметры расточного резца IHSR 161-802 BW

Boring Family : IHSR-BW Back face turning tools for BHR and TCH AL rough boring heads. Designation : IHSR 161-802 BW



SS	D1	d Range	H	f	l1	Insert
BHR MB80-80	95.00	161.0-802.0	110.50	28.0	122.00	CCMT 1204...

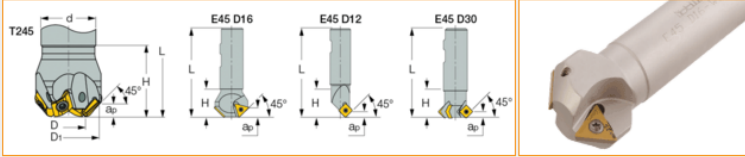

Фаску 1x45 снимаем фрезой T245 ELN D12-4-C16-05



Рисунок 12 – фреза T245 ELN D12-4-C16-05

Таблица 16 – параметры фрезы T245 ELN D12-4-C16-05

E45 / T245 : 45° для снятия фаски концевых фрез.

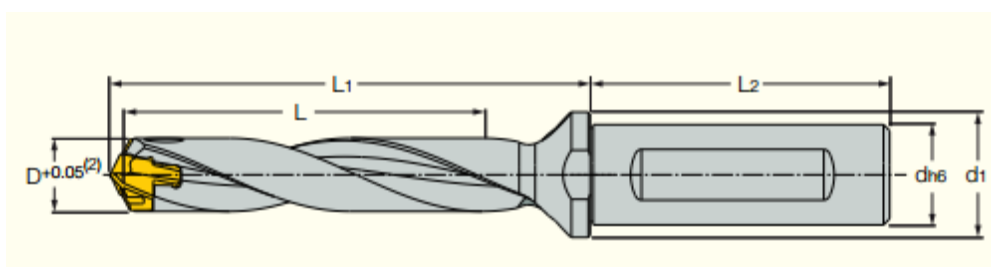
Обозначение	Д	Д1	З	ap	Л	Ч	д	Хвостовик	Ож	Кг
T245 Д12-4-С16-05 НАО	12.00	19.70	4	3.60	90.00	20.00	16.00	С	Г	0.121
T245 Д12-4 до w16-05 АНО	12.00	19.70	4	3.60	90.00	20.00	16.00	Вт	Г	0.120
E45 Д12-W20 С	12.00	23.20	1	5.60	100.00	30.00	20.00	Вт	Н	0.203
E45 Д12-С20	12.00	23.20	1	5.60	110.00	30.00	20.00	С	Н	0.229
E45 Д16-W25	16.00	35.90	2	9.70	100.00	33.00	25.00	Вт	Н	0.348
E45 Д16-С25	16.00	35.90	2	9.70	113.00	33.00	25.00	С	Н	0.404
E45 Д30-W25	30.00	46.10	3	7.80	100.00	35.00	25.00	Вт	Н	0.372
E45 Д30-С W32	30.00	46.10	3	7.80	110.00	35.00	32.00	Вт	Н	0.614
E45 Д30-С32	30.00	46.10	3	7.80	115.00	35.00	32.00	С	Н	0.653

Сверлим отв. 13 сверлом DCN 100-030-16R-3D



Рисунок 13 – сверло DCN 100-030-16R-3D

Таблица 17 – параметры сверла DCN 100-030-16R-3D



**DCN A/R-3D** Сменные головки сверла (3xD)

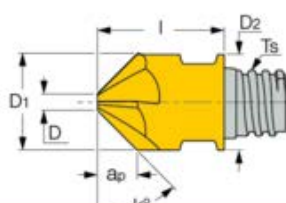
Обозначение	D <sup>(1)</sup>	L	d	Тип хвостовика <sup>(3)</sup>	d1	L1	L2	Размер гнезда	Ключ	Головки сверла
<b>DCN 100-030-16A-3D</b>	10 - 10.4	30	16		20	46.2	48	10	K DCN 10-13.99	

Фрезеруем фаску на отв.13 фрезой MM ECF45-100-4T06 IC908



Рисунок 14 – зенковка DCN 100-030-16R-3D

Таблица 18 – параметры зенковки DCN 100-030-16R-3D



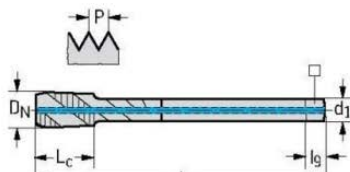
K°	D1	Flute	D	ap	Ts	D2	I
45.0	10.00	4	1.95	4.00	T06	10.00	13.00

Нарезаем резьбу на отв.13 метчиком EP2056312-M12



Рисунок 15 – метчик EP2056312-M12

Таблица 19 – параметры метчика EP2056312-M12



$D_N$	P	$l_1$ js16	$L_c$	$l_3$ $\pm 1$	$d_1$ h9	$h_{12}$	$l_g$	N
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
M 12	1,75	110	16	-	9	7	10	4

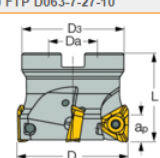

Фрезеруем фаску 50град. фрезой HM390 FTP D063-7-27-10



Рисунок 16 – фреза HM390 FTP D063-7-27-10

Таблица 20 – Параметры фрезы HM390 FTP D063-7-27-10

Milling Family : HM390 FTP-10 90° face mills carrying the HM390 TPKT 1003 triangular inserts with 3 helical cutting edges. Designation : HM390 FTP D063-7-27-10

D	Z	ap	L	D3	Da	Arbor	Rd	Kg
63.00	7	8.00	45.00	61.00	27.00	A	0.9	0.680

## 2.7. Расчет припусков заготовки

Определение припусков расчетно-аналитическим методом

Рассчитать припуски на механическую обработку поверхности  $R=125^{+0,075}$ .

Технический маршрут обработки:

1. черновое фрезерование;
2. чистовое растачивание;

Вид заготовки: отливка

Минимальные припуски на обработку внутренних поверхностей вращения рассчитывают по формуле:

$$2Z_{i_{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}).$$

где,  $R_z$  – высота поверхностей профиля на предшествующем переходе;

$h$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе;

$\Delta$  - суммарные отклонения расположения поверхности;

$\varepsilon$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Суммарные отклонения расположения поверхности для нашего случая определяется по формуле (по табл. 4.7 стр.66 [5])

$$\Delta = \Delta_{кор}$$

где,  $\Delta_{кор}$  – величина коробления отливки

$$\Delta_{кор} = \Delta_k 2R = 200 \text{ мкм}$$

где,  $\Delta_k = 0,8$  определяется по табл. 4.8 стр.71 [5]

Остаточные пространственные отклонения на операции вычисляются по формуле:

$$\rho_{ост} = k_y * \rho_{заг}, \text{ где } k_y - \text{коэффициент уточнения формы.}$$

Остальные пространственные отклонения на обработанных поверхностях.

$$\Delta_{ост} = \Delta \cdot K_y,$$

где  $K_y$  – коэффициент уточнения.

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		29

При: черновом фрезеровании  $\Delta_{\text{ост}}=200*0,06=12\text{мкм}$ ;

Чистовом точении  $\Delta_{\text{ост}}=200*0,03=6\text{мкм}$ ;

Заготовка базируется на столе в специальное приспособление, поэтому в данном случае погрешность установки детали  $\varepsilon_y = 0,5$ .

Графа “Расчетный размер” заполняется начиная с конечного путем вычитания наименьшего расчетного минимального припуска для каждого технологического перехода.

Значения допусков каждого технологического перехода определяются по таблице в зависимости от качества точности того или иного вида обработки.

В графе “Предельный размер” наибольшее значение  $d_{\text{max}}$  получается по расчетным размерам, округленным до точности допуска соответствующего перехода.

Наименьший размер  $d_{\text{min}}$  определяются из наибольших предельных размеров путем вычитания допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков  $z_{\text{min}}^{\text{пр}}$  равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующих переходов, а максимальные значения  $z_{\text{max}}^{\text{пр}}$  - соответственно разности наименьших предельных размеров.

Таблица 21-Расчёт припусков и предельных отклонений по технологическим переходам на обработку поверхности R125

Технологический переходы обработки поверхностей отверстия	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\text{min}}$ , мкм	Расчетный размер $D_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	$R_z$	h	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\text{min}}$	$D_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}^{\text{пр}}$	$2Z_{\text{max}}^{\text{пр}}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заготовка	40	160	200	0,5		125,342	0,035	125,342	125,69		

Продолжение таблицы 21

Черновое фрез.	25	25	12	0,5	2*214	125,128	0,025	125,13	125,38	0,21	0,31
Чистовое фрез.	20	20		0,5	2*53	125,075	0,016	125,075	125,235	0,06	0,145
ИТОГО:										0,27	0,455

Проверим правильность произведенных расчетов по формулам:

$$2Z_{\max_i}^{\text{пр}} - 2Z_{\min_i}^{\text{пр}} = T_{i-1} - T_i;$$

$$0,145 - 0,06 = 0,25 - 0,16$$

0,085 = 0,085— следовательно, расчет припусков проведен правильно

Рассчитаем общий номинальный припуск  $Z_{0_{\text{НОМ}}}$  по формуле:

$$2Z_{0_{\text{НОМ}}} = 2Z_{0_{\min}} + ESD_{\text{заг}} - ESD_{\text{д}};$$

$$2Z_{0_{\text{НОМ}}} = 0,27 + 0,35 - 0,075 = 0,545 \text{ мм.}$$

Изобразим схему расположения припусков, допусков и промежуточных размеров:

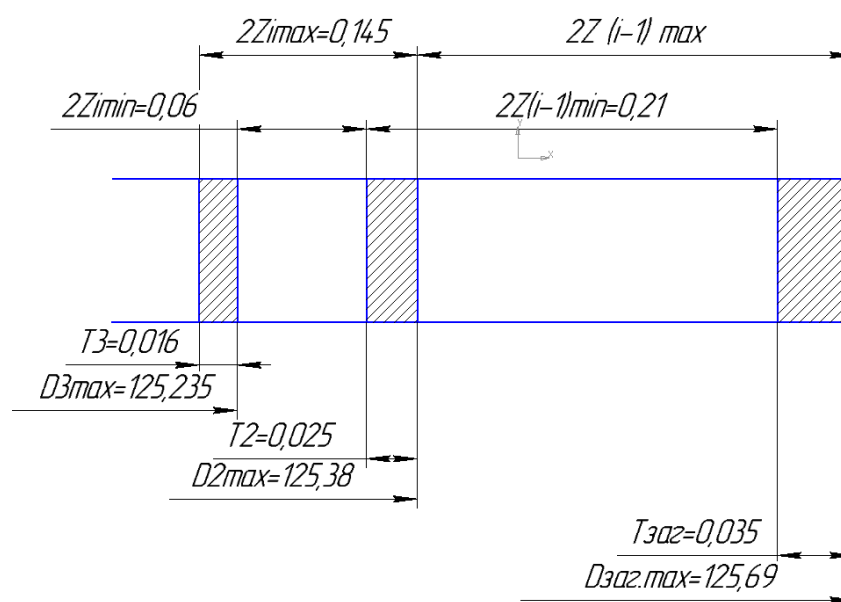


Рисунок 17- Схема расположения припусков, допусков и размеров

На остальные обрабатываемые поверхности детали (т.е. на все, кроме одной, рассчитанной аналитически) припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры сведем в таблицу 22.



Таблица 22 – Определение допусков размеров отливки по 8 классу размерной точности отливки (Табличный метод расчета припусков)

Чистовой размер	Размер отливки
R117 <sup>+1.5</sup>	R111 <sup>+1.6</sup>
R125 <sup>+0.075</sup>	R119 <sup>+1.6</sup>
139 <sup>+1</sup> <sub>-1</sub>	149 <sup>+1.6</sup>
252 <sup>+1</sup>	256 <sup>+2</sup>
194 <sup>+1</sup> <sub>+2</sub>	200 <sup>+1.8</sup>
38 <sup>+0.25</sup>	32 <sup>+1.1</sup>

## 2.8. Расчет и назначение режимов резания

В условиях серийного производства технические нормы времени на станочные работы устанавливаются методом технического расчета по нормативам режимов резания и нормативам времени, исходя из типового содержания операции.

Расчет режимов резания ведем согласно рекомендациям, представленным в каталогах Iskar.

Приведем пример расчета режимов резания.

Операция 025 Токарная с ЧПУ.

Переход 1. Точить поверхность 3 в размер 194<sup>+1</sup><sub>-2</sub> получисто.

Инструмент – фреза HM390 FTP D063-7-27-10

Глубина резания:  $t = 3$  мм.

Назначаем подачу на один зуб  $S_z = 0,15$  мм/зуб

Назначаем подачу на один оборот  $S = 1,05$  мм/об.

Назначаем частоту вращения фрезы  $n = 809$  об/мин

Минутная подача  $S_m = S_z * z * n$

$S_m = 849,3$  мм/мин

Скорость резания  $V = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_v [4]$

$V = \frac{332 * 63^{0.2}}{180^{0.2} * 3^{0.1} * 0.15^{0.4} * 50^{0.2} * 7^0} * 0.56 = 156$  м/мин

Сила резания  $P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^n * Z}{D^q * n^w} * K_{mp}$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3^1 \cdot 0.15^{0.75} \cdot 50^{809} \cdot 7}{63^{1.3} \cdot 809^{0.2}} \cdot 0.3 = 50,11 \cdot 0.3 = 15.03$$

Все остальные результаты вычислений занесем в таблицу 23.

Таблица 23– Режимы резания

№ операции	Название операции	№ перехода	Размер обрабатываемой поверхности, мм	Элементы режима резания			
				Глубина резания, $t$ , мм	Частота вращения шпинделя, $n$ , об/мин	Скорость резания, $V$ , м/мин	Подача на оборот, $S$ , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Комплексная с ЧПУ	1	139	4	809	160	0,7
		2	178	4	809	160	0,7
		3	194	3	809	160	1,05
		4	252	4	809	160	1,4
		5	194	3	809	160	1,05
		6	252	4	809	160	1,4
		7	178	4	773	170	0,6
		8	238	4	2038	160	0,4
010	Комплексная с ЧПУ	1	43	6	809	160	0,7
		2	R117	6	484	190	0,6
		3	R128 шир18	11	484	190	0,6
		4	R125 предварит	7,2	484	190	0,6
		5	R128 шир 14	3	433	170	0,5
		6	R125 чист	0,8	293	230	0,3
		7	1x45	1	1729	190	0,45
		8	Ø10	5	3247	105	0,2
		9	2x45	2	6369	200	0,4
		10	M12	6	398	15	1,75
		11	Фаска 50	3	809	160	0,7

## 2.9. Расчет норм времени

Определение норм времени на операции производится на основании данных отраслевых нормативов и по рекомендациям. При этом в состав норм входят следующие слагаемые:

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где  $t_{ш}$  - штучное время, мин

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время, мин

$n$  - размер партии деталей, шт

Подготовительно-заключительное время включает в себя затраты времени на получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации, наряда на работу; ознакомление с работой, чертежом; получение инструктажа; установку инструментов, приспособлений, наладку оборудования на соответствующий режим; снятие приспособлений и инструмента; сдачу готовой продукции, остатков материалов, приспособлений, инструмента, технологической документации и наряда.

Штучное время:

$$t_{ш} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд},$$

где  $t_{осн}$  - основное время, мин.;

$t_{всп}$  - вспомогательное время, мин.;

$t_{отд}$  - время на отдых и личные потребности, мин.;

$t_{осн}$  - основное время, мин.;

Основное время – основное технологическое время, в продолжение которого осуществляется изменение размеров, формы, состояния

поверхностного слоя, структуры материала обрабатываемой заготовки. Оно определяется по следующей формуле:

$$t_{осн} = \frac{L_{расч}}{S \cdot n} = \frac{l_{дет} + l_{вр} + l_{пер}}{S \cdot n} = \frac{L_{расч}}{S_{мин}}$$

где  $L_{расч}$  – расчётная длина, мм.;

$l_{дет}$  – длина детали, мм.;

$l_{вр}$  – длина врезания, мм.;

$l_{пер}$  – длина перебега, мм.;

$S$  – величина подачи, мм/об.;

$S_{мин}$  – минутная подача, мм/мин.;

Вспомогательное время определяется как сумма затрат времени на вспомогательные приёмы, сопутствующие основной работе. В состав вспомогательного времени входит время на установку-снятие заготовки, управление станком, смену инструмента, измерение детали.

Оперативное время:

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{всп}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_o + t_v + t_{об} + t_{от},$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время на операцию;

$n$  – количество деталей в партии, шт;

$t_o$  – основное (машинное) время, мин;

$t_v$  – вспомогательное время, мин;

$t_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин;

$t_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин;

Вспомогательное время:

$$t_v = t_{y.c} + t_{yn} + t_{изм},$$

где  $t_{у.с}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{з.о.}$  – время на закрепление и открепление детали, мин;

$t_{уп}$  – время на приемы управления, мин;

$t_{изм}$  – время на измерение детали, мин;

Время на обслуживание рабочего места, затрачиваемое на смазывание станка, смену инструмента, удаление стружки, подготовка станка к работе в начале смены и приведение его в порядок после окончания работы (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{обс} = (t_{осн} + t_{всп}) \cdot a_{обс} / 100 = (t_{осн} + t_{всп}) \cdot 0,035$$

Время на отдых и личные потребности (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{отл} = (t_{осн} + t_{всп}) \cdot a_{отл} / 100 = (t_{осн} + t_{всп}) \cdot 0,04.$$

Таблица 24 – Основное и вспомогательное время

Номер и наименование операции	$t_o$ , мин	$t_b$				$t_{обс}$	$t_{отл}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	$t_{ш-к}$
		$t_{ус}$	$t_{уп}$	$t_{из}$	$t_{зо}$	$t_{тех}$				
Операция 005 фрезерная с ЧПУ	6,01	1,24	0,25	-	0,05	0,26	0,3	8,11	18	8,128
Операция 010 фрезерная с ЧПУ	13,28	1,24	0,25	-	0,05	0,51	0,6	15,85	18	15,868

## 2.10. Разработка фрагмента управляющей программы для станка с ЧПУ

Управляющая программы- это программа с помощью которой программируется обработка заготовки.

Для ОЦ Kafo HMC-630, на котором будет осуществляться 2 операции с множеством переходов, программным обеспечением является SIEMENS SINUMERIK 840D. SINUMERIK 840D это система ЧПУ для выполнения задач средней и высокой сложности;

Отличительные особенности дпнного ПО:

- макс. рабочие характеристики и гибкость прежде всего для сложных многоосевых установок;
- сквозная открытость от управления до ядра ЧПУ;
- встроенные сертифицированные функции безопасности SINUMERIK Safety Integrated, которые позволяют обеспечить высокоэффективную, простую и экономичную защита персонала и оборудования.

В данном программном обеспечении обработка заготовки программируется с помощью главных G- функций, вспомогательных M- функций, циклов обработки. С учетом всех нюансов обработки (материала заготовки, способа получения заготовки, инструмента, паспортных данных и возможностей станка) была разработана программа для первой операции 005 “Фрезерная с ЧПУ”. Фрагмент управляющей программы, а именно для фрезерной обработки, представлен ниже.

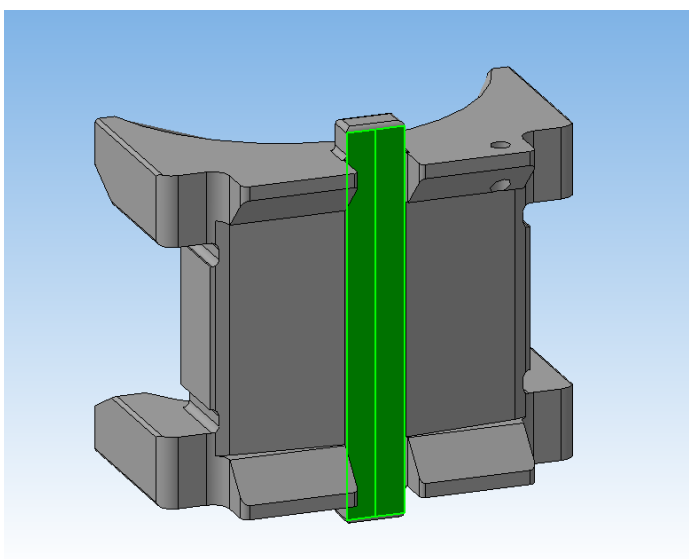


Рисунок 18 – Модель обрабатываемой детали в 3D

Выделена поверхность 6

Таблица 25– Фрагмент управляющей программы

Кодирование информации, содержание кадра	Расшифровка информации кадра
T3D1	Выбор инструмента
M6	Смена инструмента
G54 G90 G17	Активация смещения нулевой точки детали Задание абсолютных размеров Задание рабочей плоскости в координатах XY
G0 Z300 Y0 X400	Быстрый ход-подвод инструмента Позиционирование инструмента в координатах Z300 Y0 X400
S2038 M3 M8	Включение вращения шпинделя 2038об/мин Вращения шпинделя по часовой стрелке. Включение подачи СОЖ
CYCLE 71	Цикл торцевого фрезерования
G0 Z300 Y0 X 400	Быстрый ход-подвод инструмента Позиционирование инструмента в координатах Z300 Y0 X400
M05 M09 M00	Остановка шпинделя (для дальнейшей смены инструмента) Отключение подачи СОЖ Запрограммированный останов

### 3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В данном дипломном проекте производится разработка технологического процесса детали «Адаптер буксового узла» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 4000 штук в год.

#### 3.1. Определение количества технологического оборудования

Таблица 26 – Нормы времени по операциям

№ операции	Наименование операции	Модель оборудования	Штучно-калькуляционное время, <i>t<sub>шт.к.</sub></i> , мин
005	Комплексная с ЧПУ	Kafo НМС 630	8,128
010	Комплексная с ЧПУ	Kafo НМС 630	15,868

Количество технологического оборудования рассчитаем по формуле:

$$q = \frac{t \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_3 \cdot 60},$$

где *t*- штучно- калькуляционное время операции, мин;

*N<sub>год</sub>*- годовая программа выпуска деталей, шт;

*F<sub>об</sub>*- действительный фонд времени работы оборудования, ч;

*k<sub>вн</sub>*- коэффициент выполнения норм времени (по данным предприятия *k<sub>вн</sub>*= 1,0÷1,2);

*k<sub>3</sub>* – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного производства; *k<sub>3</sub>* = 0,75 ÷ 0,85.

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитаем следующим образом:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \left( 1 - \frac{k_p}{100} \right),$$



где  $F_n$ - номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

$k_p$ - потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 117 – количество выходных и праздничных дней; 242 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 236 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (при трехсменной работе):

$$F_n = 1930 \cdot 3 = 5790 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 9,0% для ОЦ с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования составляет:

$$F_{\text{оф}} = 5790 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5268,9 \text{ ч.}$$

Определяем количество технологического оборудования:

$$q^{005} = \frac{8,128 \cdot 4000}{5268,9 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,13 \text{ шт.}$$

$$q^{010} = \frac{15,868 \cdot 4000}{5268,9 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,26 \text{ шт.}$$

Таблица 27 – Сводная ведомость оборудования

Тип оборудования	Фрезерная Kafo НМС 630	Фрезерная Kafo НМС 630
Количество станков по расчету,ед	0,13	0,26
Принимаемое количество станков	1	1
Коэффициент загрузки оборудования, %	0,13	0,26
Стоимость одного станка, тыс.р.	4850500 руб	4850500 руб

Принимаем на весь технологический процесс один ОЦ, Коэффициент загрузки оборудования при этом будет равен 0,39.

На предприятии имеются 10 ОЦ данной модели, один из которых не задействован в производстве. Поэтому закупать новый ОЦ нет необходимости, что снижает себестоимость детали.

### 3.2. Определение капитальных вложений

В данном проекте оборудование и программное обеспечение к нему не приобретаются, а уже есть на предприятии. Поэтому в данном случае не требуется производить расчет капитальных вложений.

### 3.3. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле:

$$C = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}},$$

где  $Z_{\text{зп}}$  – затраты на заработную плату, р.;

$Z_{\text{э}}$  – зарплата на технологическую энергию, р.;

$Z_{\text{об}}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{\text{осн}}$  – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{\text{и}}$  – затраты на малоценный инструмент, р.

*Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали.*

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}},$$

где  $Z_{\text{пр}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$Z_{\text{н}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

$Z_{\text{к}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$Z_{\text{тр}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали рассчитаем по формуле (форма оплаты труда- сдельная):

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{т}} \cdot t \cdot k_{\text{мн}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{р}},$$

где  $C_{\text{т}}$ - часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

$t$ - штучно- калькуляционное время на операцию, ч;

$k_{\text{мн}}$ - коэффициент учитывающий многостаночное обслуживание ( $k_{\text{мн}} = 0,49$ );

$k_{\text{доп}}$  - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату  
( $k_{\text{доп}} = 1,05 \div 1,15$ )

$k_{\text{ссп}}$  - коэффициент учитывающий страховые взносы ( $k_{\text{ссп}} = 1,3$ );

$k_p$  - районный коэффициент ( $k_p = 1,15$ ).

Численность станочников вычисляем по формуле:

$$\text{Ч}_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_p},$$

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1930 ч.;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,  $k_{\text{мн}} = 1$ ;

$t$  – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей:  $N_{\text{год}} = 4000$  шт.

$$\text{Ч}_{\text{ст}}^{005} = \frac{8,128 \cdot 4000 \cdot 1,0}{1930 \cdot 60} = 0,28 \text{ чел.};$$

$$\text{Ч}_{\text{ст}}^{010} = \frac{15,868 \cdot 4000 \cdot 1,0}{1930 \cdot 60} = 0,54 \text{ чел.};$$

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 117 – количество выходных и праздничных дней; 242 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 236 – рабочие дни продолжительностью 8 ч; потери: 24 – отпуск очередной, 2 – потери пол больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 32 дня.).

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1674 ч.

Результаты вычислений занесем в таблицу 28.

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		43

Таблица 28– Затраты на заработную плату станочников

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, мин	Заработная плата, р.	Численность станочников, чел.	
				расчетная	принятая
Комплексная с ЧПУ	160	8,128	21,6	0,28	1
Комплексная с ЧПУ	160	15,868	41,6	0,54	1
Итого:		23,996	63,2	0,82	1

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$З_{\text{зп}} = 63,2 \cdot 4000 = 252800 \text{ р.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_P \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_P}{N_{\text{год}}},$$

где  $F_P$  –действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 4000$  шт.;

$k_P$  – районный коэффициент,  $k_P = 1,15$ ;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$k_{\text{доп}} = 1,05$ ;

$C_T^{\text{всп}}$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

$Ч_{\text{всп}}$  – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, р.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{H},$$

где  $g_n$  – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет

$g_n = 0,39$  шт.;

n – число смен работы оборудования, n= 3;

H – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, H = 10 шт.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,39 \cdot 3}{10} = 0,11 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,05 \cdot 0,82 = 0,04 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,82 = 0,05 \text{ чел.}$$

Произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{102 \cdot 1674 \cdot 0,11 \cdot 1,15 \cdot 1,05}{4000} = 5,66 \text{ р.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{70 \cdot 1674 \cdot 0,01 \cdot 1,15 \cdot 1,05}{4000} = 0,35 \text{ р.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{120 \cdot 1674 \cdot 0,02 \cdot 1,15 \cdot 1,05}{4000} = 1,21 \text{ р.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь, сводим в таблицу.

Таблица 29 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.		Затраты на изготовление одной детали, р.
		расчетная	принятая	
Наладчик станков	102	0,04	1	5,66
Транспортный рабочий	70	0,01	1	0,35
Контролер ОТК	120	0,02	1	1,21
Итого:		3		7,22

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{зп}} = 7,22 \cdot 4000 = 28880 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле:

$$З_{\text{зп}} = 192000 + 28880 = 220880 \text{ р.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн}} \cdot Ц_э,$$

где  $N_y$  – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности

$k_{вр}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени,  $k_{вр} = 0,7$ ;

$k_{од}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка,  $k_{од} = 0,75$  – при двух двигателях и  $k_{од} = 1$  при одном двигателе;

$k_w$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия,  $k_w = 1,04 \div 1,08$ ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка)

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,02$ ;

$Ц_э$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $Ц_э = 3,3$  р.

Производим расчеты по формуле:

$$З_э(005) = \frac{16 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 8,128}{0,8 \cdot 1,02 \cdot 60} \cdot 3,3 = 1,46 \text{ р};$$

$$З_э(010) = \frac{16 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 15,868}{0,8 \cdot 1,02 \cdot 60} \cdot 3,3 = 2,85 \text{ р};$$

Результаты расчета сводим в таблицу 30.

Таблица 30 – Затраты на электроэнергию

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, р.
Kafo HMC 630	16	8,128	1,46
Kafo HMC 630	16	15,868	2,85
Итого			4,31

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_э = 4,31 \cdot 4000 = 17240 \text{ р.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем},$$

где  $C_{рем}$  – затраты на ремонт технологического оборудования, р.

$C_{ам}$  – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{вн}},$$

где  $Ц_{об}$  – цена единицы оборудования, р.;

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений,  $H_{амН} = 8\%$ ;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$  – годовой действительный фонд работы оборудования  $F_{об} = 5808 \text{ ч}$ ;

$k_з$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $k_з = 0,85$ ;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,02$ .

Производим расчеты по вариантам по формуле:

$$C_{ам}(005) = \frac{4850500 \cdot 0,08 \cdot 8,128}{5808 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 10,43 \text{ р.}$$

$$C_{ам}(010) = \frac{4850500 \cdot 0,08 \cdot 15,868}{5808 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 20,37 \text{ р.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования ( $C_{рем}$ ) определяем по количеству ремонтных единиц и стоимости одной ремонтной единицы:



Вычисления производим по формуле:

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}},$$

где  $\Sigma Re$  - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей.

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле:

$$C_{\text{рем}}(005) = \frac{4850500 \cdot 0,13}{8,128 \cdot 4000} = 19,39 \text{ р};$$

$$C_{\text{рем}}(010) = \frac{4850500 \cdot 0,26}{15,868 \cdot 4000} = 19,86 \text{ р};$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 31.

Таблица 31 – Затраты на содержание и эксплуатацию на технологическое оборудование

Модель станка	Стоимость, р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
Kafo HMC-630	4850500	1	8	8,128	10,43	19,39
Kafo HMC-630	4850500	1	8	15,868	20,37	19,86
Итого					30,8	39,25

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{п}} = 30,8 + 39,25 = 70,05 \text{ р.}$$

### Затраты на эксплуатацию инструмента

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле:

$$З_{\text{эи}} = (Ц_{\text{пл}} \cdot n + (Ц_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \cdot Ц_{\text{компл}}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1},$$

где  $З_{\text{эи}}$  - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, р.;

$Ц_{\text{пл}}$  - цена сменной многогранной пластины, р.;

$n$  - количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$Ц_{\text{корп}}$  - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), р.;

$Ц_{\text{компл}}$  - цена набора комплектующих, изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.) р.;

$k_{\text{компл}}$  - коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт. Коэффициент - эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия. Максимальное значение  $k_{\text{компл}} = 5$  соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

$Q$  - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

$N$  - количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

$b_{\text{фи}}$  - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента. Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{\text{маш}}$  - машинное время, мин;

T<sub>ст</sub> - период стойкости инструмента, мин.

Таблица 32 – Параметры прогрессивного инструмента

Операция	Инструмент	Маши- н-ное время, мин	Цена единиц ы инстру- мента, руб.	Суммар н. период стойкос ти инстру- мента, мин	Затраты на переточ ку инстру мента, руб.	Коэффи -циент убыли	Итого затраты , руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	T1 Корп.фрезы HM390 FTP D063-7-27-10 Пластина HM390 ТРКТ 1003PDR Оправка BT50 SEM 27X105	3,39	41730  981,5*7шт 14300	320	-	0,90	58,36
	T2 Корп.фрезы T445 SM- D050-23-3-27- 13 Пластина T490 LNMT 1306PNTR Оправка BT50 SEM 27X105	1,72	38740  1283,7*9 шт 14300	320	-	0,90	57,12
	T3 Фреза EC-E4L 25- 50/65W25CF12 1 Оправка BT50 EM 25X115	0,64	46085  16380	300	-	0,90	28,69

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5	6	7	8
010	Т4 Корп.фрезы HM390 FTP D063-7-27-10 Пластина HM390 ТРКТ 1003PDR Оправка BT50 SEM 27X105	0,28	41730  981,5*7шт Т  14300	320	-	0,90	58,36
	Т5 Корп.фрезы FDN D125- 1723-32R- CALN13 Пластина Т490 LNHT 130616PNTR Картридж CA90 1723-R- Т490-13 Оправка E3416 5525 32160	8,68	100750  1755*8шт Т  4238*8шт Т  14300	360	-	0,90	473,1
	Т6 Корп.фрезы FDN D100-14- 27-XN13 Пластина XNMU 130608PNN- MM Оправка E3416 5525 27160	0,69	85150  997,75*1 0шт  14300	360	-	0,90	25,75

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5	6	7	8
	Т7 Корпус TCH AL200 Державка IHSR 161-802 BW Пластина CCMT 120408-14 IC830 Держатель SMH MB80-40 Оправка BT 50 MB80X180 A/B	1,37	107250  29835  1300  21450  35945	340		0,90	65,1
	Т8 Корп.фрезы T245 ELN D12-4-C16-05 Пластина SCMT 120408-19 Оправка BT50 EM 25X115	1,29	21515  812,5  16380	300		0,90	10
	Т9 Корп.сверла DCN 100-030-16R-3D Головка ICP 103 IC908 Цанга ER32 SPR 15-16 Оправка BT50 ER32X100	0,06	14040  5720  21905  16300	110		0,90	8

## Окончание таблицы 32

1	2	3	4	5	6	7	8
	T10 Головка ММ ЕСF45- 100-4T06 IC908 Хвостовик ММ S-A- L065-W16- T06 Оправка BT50 EM 16X100	0,02	3965  6110  15535	300	-	0,90	2
	T11 Метчик EP2056312- M12 Адаптер T52853 090 071M12 Оправка ET5766 5283 3	0,04	18000  7000  15600	250	-	0,90	4
	T12 Корп.фрезы HM390 FTP D063-7-27-10 Пластина HM390 TPKT 1003PDR Оправка BT50 SEM 27X105	0,57	41730  981,5*7ш т  14300	320	-	0,90	58,36
Ито го:			1002474		-		848,84

Данные по стоимости, характеристикам инструмента были предоставлены дистрибьютором компании Iscar, ООО«Дельта Групп Урал».

Результаты расчетов технологической себестоимость выпуска одной детали сводим в таблицу 33.

Таблица 33 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб.
Заработная плата с начислениями	55,22
Затраты на технологическую электроэнергию	4,31
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	70,05
Затраты на инструмент	848,84
Итого	978,42

*Анализ уровня технологии производства.*

Анализ уровня технологии производства являются составляющей частью анализа организационно-тематического уровня производства.

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\% ,$$

где  $T^t$  – штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

$T$  – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле:

$$Y_{\text{оп}} (005) = \frac{8,128}{23,814} \cdot 100\% = 34,13\% .$$

$$Y_{\text{оп}} (010) = \frac{15,868}{23,814} \cdot 100\% = 65,87\% .$$

*Доля прогрессивного оборудования*

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\% ,$$

где  $g_{\text{пр}}$  – количество единиц прогрессивного оборудования,  $g_{\text{пр}} = 1$  шт.;

$g_{\Sigma}$  – общее количество использованного оборудования,  $g = 1$  шт.

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{1} \cdot 100\% = 100\%.$$

Определим производительность труда на программной операции:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{\text{вн}} \cdot 60}{t},$$

где  $F_p$  – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$\kappa_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность оборудования в разработанном техпроцессе:

$$B_{\text{пр. 015}} = \frac{1674 \cdot 1,2 \cdot 60}{8,128 + 15,868} = 5022 \text{ шт / чел.год}$$

В таблице 34 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 34 - Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей
Годовой выпуск деталей	шт.	4000
Количество оборудования	шт.	1
Количество рабочих	чел.	1
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,4
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:		904,08
- затраты на инструмент	руб.	848,84
- заработная плата рабочих		55,24
Доля прогрессивного оборудования	%	100
Коэффициент загрузки оборудования		0,39



## 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Вводная часть

В проектируемом технологическом процессе механической обработки детали «Адаптер буксового узла» обработка производится на фрезерном обрабатывающем центре. Следовательно, для данного технологического процесса необходима подготовка рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением».

Переподготовка производится на базе центра станочного оборудования ООО «Unimatic», который также занимается подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации рабочих.

Для обеспечения качественного процесса обучения - Центр ДПО имеет учебно-материальную базу в составе:

- учебные кабинеты, лаборатории, компьютерные классы, интерактивные учебные классы;
- высокотехнологичное современное оборудование в цехах предприятия (стойки с ЧПУ, учебные станки с ЧПУ) привлекаемое к учебному процессу в соответствии с порядком использования производственного и технологического оборудования предприятия в образовательном процессе;
- учебно-методический кабинет,
- техническую библиотеку, читальный зал;
- кабинеты для сотрудников Центра, помещение для преподавателей;
- медицинский пункт;
- столовую;
- бытовые и другие помещения.

Все помещения оборудованы в соответствии с действующими нормативами и санитарными правилами.

Результатами освоения образовательной программы повышения квалификации по рабочей профессии «Оператор станков с программным управлением» определяются приобретенными выпускником компетенциями, т.е. его способностью применять знания, умения и личные качества в соответствии с задачами профессиональной деятельности.

#### 4.2. Анализ требований к уровню и содержанию подготовки операторов станков с программным управлением

Был проведён анализ Единого тарифно-квалификационного справочника работ и рабочих профессий (ЕТКС), проанализировав его были выведены требуемые знания и умения операторов станков 2-го и 3-го разрядов.

Оператор станков с ПУ 2-го разряда выполняет следующие трудовые функции: ведение процесса обработки с пульта управления простых деталей по 12 - 14 квалитетам на налаженных станках с программным управлением с одним видом обработки. Установка и съём деталей после обработки. Наблюдение за работой систем обслуживаемых станков по показаниям цифровых табло и сигнальных ламп. Проверка качества обработки деталей контрольно-измерительными инструментами и визуально. Наладка отдельных простых и средней сложности узлов и механизмов под руководством оператора более высокой квалификации.

Должен владеть следующими знаниями: принцип работы обслуживаемых станков с программным управлением; правила управления обслуживаемого оборудования; наименование, назначение, устройство и условия применения наиболее распространенных приспособлений, режущего, контрольно-измерительных инструментов; признаки затупления

режущего инструмента; наименование, маркировку и основные механические свойства обрабатываемых материалов; основы гидравлики, механики и электротехники в пределах выполняемой работы; условную сигнализацию, применяемую на рабочем месте; назначение условных знаков на панели управления станком; правила установки перфолент в считывающее устройство; способы возврата программноносителя к первому кадру; систему допусков и посадок; квалитеты и параметры шероховатости; назначение и свойства охлаждающих и смазывающих жидкостей; правила чтения чертежей обрабатываемых деталей.

Оператор станков с ПУ 3-го разряда выполняет следующие трудовые функции: Ведение процесса обработки с пульта управления средней сложности и сложных деталей по 8 - 11 квалитетам с большим числом переходов на станках с программным управлением и применением трех и более режущих инструментов. Контроль выхода инструмента в исходную точку и его корректировка. Замена блоков с инструментом. Контроль обработки поверхности деталей контрольно-измерительными приборами и инструментами. Устранение мелких неполадок в работе инструмента и приспособлений. Наладка отдельных простых и средней сложности узлов и механизмов в процессе работы.

Должен владеть следующими знаниями: устройство отдельных узлов обслуживаемых станков с программным управлением и особенности их работы; работу станка в автоматическом режиме и в режиме ручного управления; назначение и условия применения контрольно-измерительных инструментов и приборов; конструкцию приспособлений для установки и крепления деталей на станках с программным управлением; системы программного управления станками; технологический процесс обработки деталей; систему допусков и посадок; квалитеты и параметры шероховатости; организацию работ при многостаночном обслуживании станков с программным управлением; правила чтения чертежей

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		58

обрабатываемых деталей и программы по распечатке; начало работы с различного основного кадра; причины возникновения неисправностей станков с программным управлением и способы их предупреждения.

#### 4.3.Разработка учебного плана повышения квалификации рабочего

С целью установления соответствия подготовки операторов станков с программным управлением 2 и 3 разрядов был проведен анализа учебных планов их подготовки, разработанных на основании Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) профессиональной подготовки по профессии «Оператор станков с программным управлением».

Было проведено сравнение объема часов учебных занятий для оператора станков с ПУ 2-го разряда и оператора станков с ПУ 3-го разряда.

Сравнение объема часов учебных занятий приведено ниже в таблице 35. На основании этого сравнения будет построен план повышения квалификации рабочего по профессии «Оператор станков с программным управлением» со второго на третий разряд.

При переподготовке оператора станков с ПУ 2 разрядов на оператора станков с ПУ 3 разряда основная масса общеобразовательных дисциплин перезачитываются. Но на некоторые дисциплины в образовательном плане операторов станков с программным управлением отведено больше часов, в связи с этим, их необходимо повторить (смотри таблицу 35).

Таблица 35 – Сравнение учебных планов, разработанных на основе ФГОС

Оператор станков с программным управлением-16045. Разряд 3.			Оператор станков с программным управлением-16045. Разряд 2.		
1	2	3	4	5	6
Индекс	Элементы учебного процесса	Всего часов	Индекс	Элементы учебного процесса	Всего часов

Продолжение таблицы 35

1	2	3	4	5	6
<b>ОП.00</b>	<b>Общепрофессиональные дисциплины</b>	<b>64</b>	<b>ОП.00</b>	<b>Общепрофессиональные дисциплины</b>	<b>54</b>
ОП.01	Материаловедение	10	ОП.01	Материаловедение	10
ОП.02	Допуски и технические измерения	6	ОП.02	Допуски и технические измерения	6
ОП.03	Техническое черчение и чтение чертежей	14	ОП.03	Техническое черчение и чтение чертежей	6
ОП.04	Основы электротехники	6	ОП.04	Основы электротехники	6
ОП.05	Сведения из технической механики	8	ОП.05	Сведения из технической механики	6
ОП.06	Основы организации производства и оплата труда	10	ОП.06	Основы организации производства и оплата труда	10
ОП.07	Охрана труда на машиностроительных предприятиях	10	ОП.07	Охрана труда на машиностроительных предприятиях	10
<b>ПМ.00</b>	<b>Профессиональный модуль</b>	<b>74</b>	<b>ПМ.00</b>	<b>Профессиональный модуль</b>	<b>50</b>
<b>ПМ.01</b>	Станки с прогр. управлением	8	<b>ПМ.01</b>	Выполнение работ на станках с программным управлением	8
<b>ПМ.02</b>	Основы программирования процесса обработки детали и наладка станков с ПУ	40	<b>ПМ.02</b>	Основы программирования процесса обработки детали и наладка станков с ПУ	28
<b>ПМ.04</b>	Производственное обучение	22	<b>ПМ.04</b>	Производственное обучение	10
	Квалификационный экзамен	4	<b>ИА</b>	Квалификационный экзамен	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>138</b>		<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>

Разница в подготовке «Операторов станков с программным управлением 3 разряда» и «Операторов станков с программным управлением 2 разряда» по предмету «Техническое черчение и чтение чертежей» составляет 8 часа, «Основы программирования процесса обработки детали и наладка станков с ПУ» составляет 12 часов, «Производственное обучение» составляет 12 часов (смотри таблицу 35), для переподготовки я выбираю предмет «Техническое черчение и чтение чертежей».

Таблица 36 - План повышения квалификации рабочего по профессии «Оператор станков с программным управлением» со второго на третий разряд.

Наименование темы (раздела)	Общее кол-во часов	Кол-во часов теоретического обучения	Кол-во часов практического обучения
Техническое черчение и чтение чертежей	8	2	6
Основы программирования процесса обработки детали и наладка станков с ПУ	12	4	8
Производственное обучение	12		12
ИТОГО	32	6	26

Разработанный план повышения квалификации позволил установить тематику подготовки операторов и в рамках дипломного проекта была выбрана тема «Техническое черчение и чтение чертежей», анализ и перспективно-тематическое планирование которой приведены в следующем параграфе.

#### 4.4. Составление перспективно-тематического плана

Тематический план определяет перечень тем и разделов, последовательность их расположения в плане повышения квалификации и количество отводимых на каждую тему часов. Перспективно-тематический план является одним из итоговых документов, разрабатываемых преподавателем при проектировании темы.

Наиболее общими характеристиками тематического плана является представленная в ней последовательность изучения тем программы и количество часов, отведенных на изучение каждой темы. Эти характеристики регулируются следующими дидактическими принципами: научность, связь теории с практикой, систематичность и доступность, унификация и дифференциация.

Эти принципы могут быть реализованы следующим образом:

- целостным и верным отражением основ соответствующей науки в тематическом плане;
- опережением теоретического обучения по сравнению с производственным;
- обеспечением формирования системных знаний у учащихся с учетом возрастных и познавательных возможностей;
- учетом специфики профессии при использовании типовых документов.

Разработанный с учетом этих принципов тематический план способен будет в определенной мере решить задачи обучения. Перспективно-тематический план обеспечивает: систематизацию тем программы дисциплины по занятиям; возможность соотношения выбранных методов, дидактических средств, форм обучения.

Перспективно-тематический план по теме «Техническое черчение и чтение чертежей» плана повышения квалификации операторов станков с

программным управлением со второго на третий разряд приведен в таблице 37.

Таблица 37 – Перспективно-тематический план теме «Техническое черчение и чтение чертежей» плана повышения квалификации операторов станков с программным управлением со второго на третий разряд

№ за ня ти я	Тема занят ия	Учебная цель	Методы обучения	Формы организа- ции (тип урока)	Межпредмет- ные и внутрипредмет- ные связи	Связь с произв одстве нным обучен ием
1	2	3	4	5	6	7
За ня ти е 1	ЕСКД . Назна чение и приме нение черте жей в техни ке и метал лообработк е.	Образовательная: ознакомить с понятием конструкторского документа, их виды, дать определение чертежа, Воспитательная: воспитать интерес к новым знаниям, положительные мотивы учебно- познавательной деятельности; Развивающая: развить способности к обобщению изучаемого материала.	Словесные: рассказ, беседа. Наглядные: иллюстрация, демонстрация презентации и плакатов. Практически: выполнение упражнений по анализу чертежей деталей машин.	Комбинир ованный	производствен ное обучение;	Имеет ся



Продолжение таблицы 37

1	2	3	4	5	6	7
За ня ти е 2	Прави ла чтени я черте жа детал и.	Образовательная: повторить и изучить новые способы нанесения размеров; Воспитательная: воспитать сознательное отношение к учебе, усидчивости и аккуратности; Развивающая: развить познавательный интерес, значимости изучения материала.	Словесные: рассказ, беседа. Наглядные: иллюстрация, демонстрация презентации и плакатов, демонстрация видеоролика. Практически: выполнение упражнений по выполнению чертежей деталей машин	Комбинир ованный	производствен ное обучение;	имеетс я

Продолжение таблицы 37

За ня ти е 3	Постр оение плоск их черте жей	Образовательная: научить определять проекционные виды, развить навыки черчения. научить выполнять чертёж по наглядной модели. Воспитательная: развить осознание важности точности чертежа, воспитать сознательное отношение к учебе, усидчивости и аккуратности; Развивающая: развить познавательный интерес, значимости изучения материала.	Словесные: рассказ, беседа, объяснение. Наглядные: иллюстрация, демонстрация презентации и плакатов, демонстрация наглядных моделей. Практически: выполнение упражнений по выполнению чертежей деталей машин.	Комбинир ованный	производствен ное обучение;	имеетс я
--------------------------	-----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	--------------------------------	-------------

### Окончание таблицы 37

1	2	3	4	5	6	7
За ня ти е 4	Постр оение аксон ометр ическ их проек ций.	Образовательная: научить выполнять аксонометрическую проекцию с плоского чертежа Воспитательная: развить осознание важности точности чертежа, воспитать мышление «объёмного черчения» Развивающая: развить познавательный интерес, значимости изучения материала.	Словесные: рассказ, беседа, объяснение. Наглядные: иллюстрация, демонстрация презентации и плакатов, демонстрация наглядных моделей. Практически: выполнение упражнений по выполнению аксонометрич еских проекций дета лей машин.	Комбинир ованный	производствен ное обучение.	имеетс я

#### 4.5. Занятие теоретического обучения

Тема плана повышения квалификации: «Техническое черчение и чтение чертежей».

Тема занятия: «Построение аксонометрических проекций».

Тип занятия: комбинированный.

Цели занятия

Образовательная: научить выполнять аксонометрическую проекцию с плоского чертежа

Воспитательная: развить осознание важности точности чертежа, воспитать мышление «объёмного черчения»

Развивающая: развить познавательный интерес, значимости изучения материала.

Результаты обучения:

В результате освоения содержания учебного занятия обучающийся должен:

**Знать:**

- Понятие рабочий чертеж детали;
- Методика построения аксонометрической проекции;
- Виды аксонометрических проекций;

**Уметь:**

- Выполнять аксонометрическую проекцию.

Таблица 38 – Ход занятия по теме “Построение аксонометрических проекций”

Деятельность преподавателя	Время, мин	Наглядные средства, ТСО	Деятельность учащихся
1	2	3	4
1.Организационная часть (проверить по журналу явку учащихся).	5	-	Приветствие преподавателя.
2.Вводная часть, ознакомление учащихся с темой, целью и задачами урока.	7	-	Слушают, конспектируют.

Продолжение таблицы 38

1	2	3	4
3.Основная часть, повторение предыдущего материала имеющего связь с изучением нового материала. Рассказывает новый материал, диктует основные понятия под запись	20	Плакаты  Разные виды чертежей.	Запись определений.  Слушают новый материал, записывают основные понятия.
4.Закрепляющий контроль. Преподаватель объясняет суть задания, следит за выполнением, оказывает помощь.	48	Карточки задания. Чертеж детали.	Обучаемые получают задание на закрепляющий контроль, выполняют предложенную работу, в случае необходимости обращаются за помощью к преподавателю.
5.Подведение итогов. Педагог проверяет работы, озвучивает результаты, выставляет оценки за работу.	10	-	Обучаемые слушают результаты выполненной работы.

4.6. План-конспект занятия.

Организационная часть.

Здравствуйте, глубокоуважаемые господа будущие операторы. Давайте проверим посещаемость нашего занятия. Данная тема важна, поэтому настройте себя на плодотворную работу. Тема сегодняшнего занятия “ Построение аксонометрических проекций ”.

Рассмотрим понятие аксонометрическая проекция детали.

Аксонометрической проекцией называется изображение, полученное на аксонометрической плоскости в результате параллельного проецирования предмета вместе с системой координат, которое наглядно отображает его форму.

Существуют три основных вида аксонометрических проекций: триметрическая, диметрическая, изометрическая.

Мы будем изучать последний вид: изометрическую.

Главными особенностями изометрической проекции, являются то что по всем аксонометрическим осям и параллельно им откладываются натуральные размеры.

Для всех аксонометрических проекций введены общие правила:

ось  $Z$  всегда вертикальна, все измерения выполняются только по аксонометрическим осям или прямым, параллельным им, все прямые линии, параллельные друг другу или осям координат на комплексном чертеже, в аксонометрических проекциях остаются параллельными между собой и соответствующим аксонометрическим осям. Углы между осями  $X, Y, Z$  равны 120 градусам.

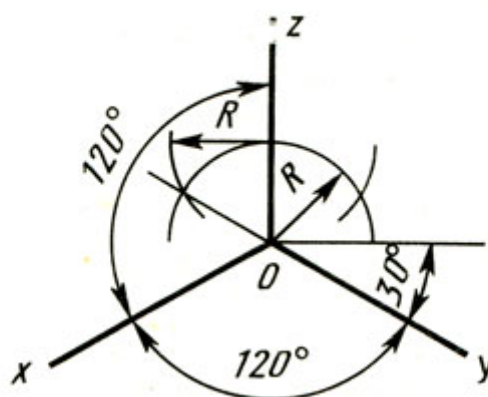


Рисунок 19 – расположение осей построения в изометрии

Чаще всего построение аксонометрической проекции происходит с построения основания. Рассмотрим алгоритм построения аксонометрических проекций предмета, на примере детали «Опора установочная».

Алгоритм состоит из двух частей: анализ чертежа и выполнения аксонометрической проекции и представлен в таблице 38.

Таблица 38 –Алгоритм построения изометрической проекции детали по чертежу.

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ ДЕТАЛИ ПО ЧЕРТЕЖУ	
1. Анализ геометрической формы детали по чертежу.	
2. Построение нижнего основания детали.	
3. Построение верхнего основания и боковых граней большего параллелепипеда детали.	
4. Нахождение центра верхнего основания большего параллелепипеда и проведение осей изометрии.	
5. Построение нижнего основания меньшего параллелепипеда.	
6. Построение верхнего основания и боковых граней меньшего параллелепипеда.	
7. Установление видимости ребер и граней. 8. Обводка. 9. Проверка.	

#### 4.7. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация проводится по карточкам индивидуального задания, которая представляет собой чертеж конкретной детали.

Основными критериями оценки является полнота и правильность выполнения чертежа:





## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломного проекта являлась разработка технологического процесса механической обработки детали «Адаптер буксового узла».

В результате работы было проанализировано служебное назначение детали и ее технологичность. Выбран среднесерийный тип производства, метод получения заготовки и технологические базы. Разработан комплект документации технологического процесса. Составлена управляющая программа с помощью программного обеспечения SIEMENS SINUMERIK 840D. Произведены экономические расчеты. Разработана методика повышения квалификации рабочих для работы на станках с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		72

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабук В.В. (ред.). Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие.-Минск: Высшая школа, 1979. — 464 с.: ил.
2. Горбацевич А.Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. Вузов. Минск.: Высш. шк., 1979. 184 с.
3. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов: допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
4. Допуски и посадки: Справ.: В 2 ч./ В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагильский. Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1983. Ч. 1. 543 с.; Ч 2 448 с
5. Единые ведомственные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Часть III / И.И. Романов, И.Г. Прудников, В.А. Крутов, и др. – М.: ЦНИС, 1980. – 190 с., ил.
6. Единые ведомственные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Часть II / И.И. Романов, И.Г. Прудников, В.А. Крутов, и др. – М.: ЦНИС, 1980. – 250 с., ил.
7. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих(ЕТКС),2014. Часть №2 выпуска №2 ЕТКС, выпуск утверждён постановлением Минтруда РФ от 15.11.1999 N45 (в редакции приказа Минздравсоцразвития РФ от 13.11.2008 N645)
8. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд- во Урал. гос. проф.-пед. ун- та, 2001. –169с.
9. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. - Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил.

10. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. - Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил.
11. Методика профессионального обучения. Схемы, таблицы, комментарии [Текст]: учеб. пособие для вузов / И.В. Осипова, О.В. Тарасюк, Ю.В. Осколкова, В.С. Локтина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2010. 148 с. (Б-ка высш. проф.-пед. образования).
12. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с., ил
13. Образовательная программа: Профессиональное обучение работников «UNIMATIC», осуществляющей реструктуризацию и модернизацию производства. Курс: Подготовка операторов токарно-фрезерных станков с системой ЧПУ 2,3,4,5 разрядов
14. Резание металлов и режущие инструменты: Учеб. пособие для вузов/В.Г. Солоненко,– 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 414 с.: ил.
15. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т1 / Под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Сулова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с., ил.
16. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т2 / Под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Сулова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова- 5-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2001. – 944 с., ил.
17. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт.сост. Е.И. Чучкалова, Т.А.
18. Технология машиностроения: Спец. часть: Учеб. для машиностроит. спец. вузов.\ А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1986. 480 с.

Лист задания по дипломному проектированию

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

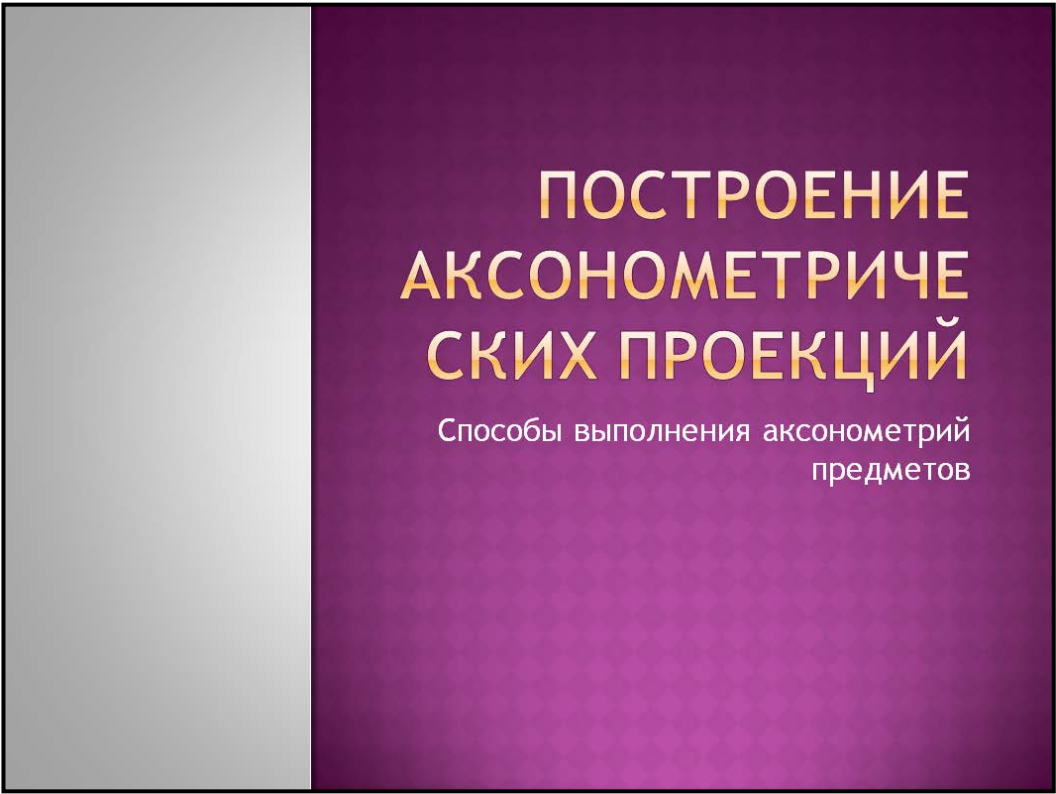
## Перечень листов графических документов

№ п/п	Наименование документа	Формат	Кол-во
1	Адаптер	A1	1
2	Адаптер. Отливка	A1	1
3	Иллюстрация техпроцесса. Операция 005	A1	2
4	Иллюстрация техпроцесса. Операция 010	A1	3
6	Иллюстрация техпроцесса. Переход 3	A1	1
7	Управляющая программа фрагмент	A1	1
	Итого листов формата A1 – 9		

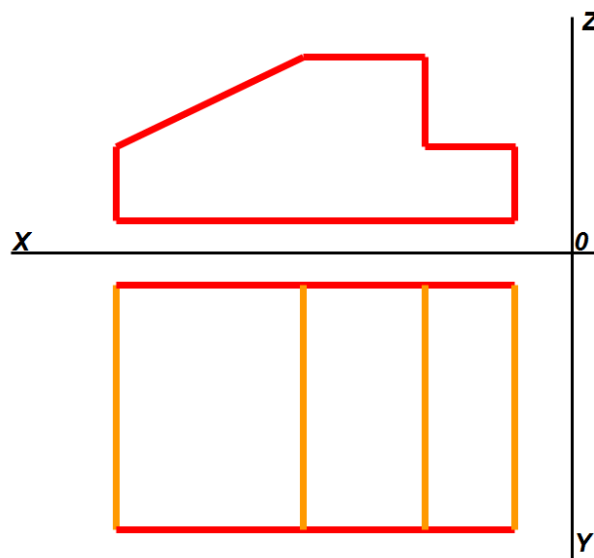
Комплект технологической документации

					ДП 44.03.04.195 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		77

Комплект слайдов

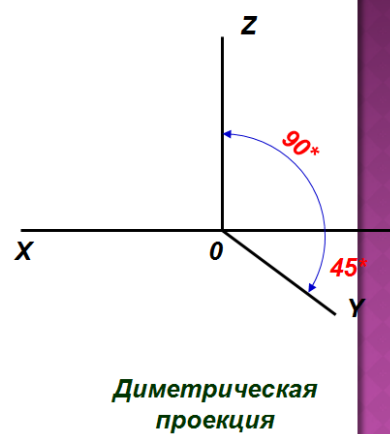
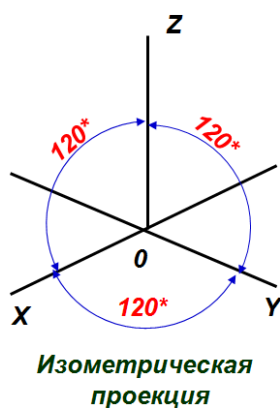


## ЧЕРТЁЖ ПРЕДМЕТА В СИСТЕМЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



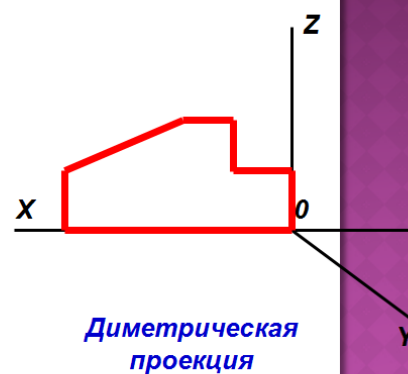
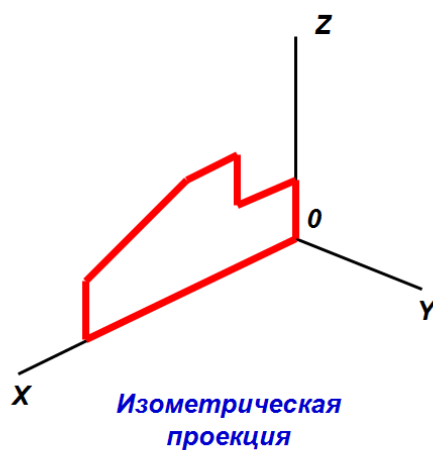
## ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ:

### 1. Построение осей:

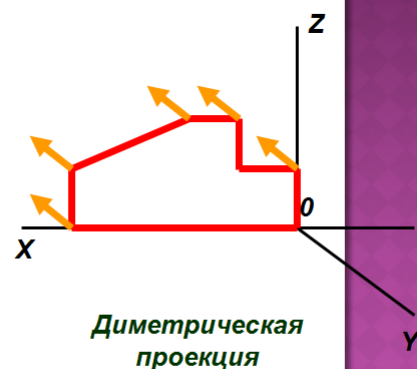
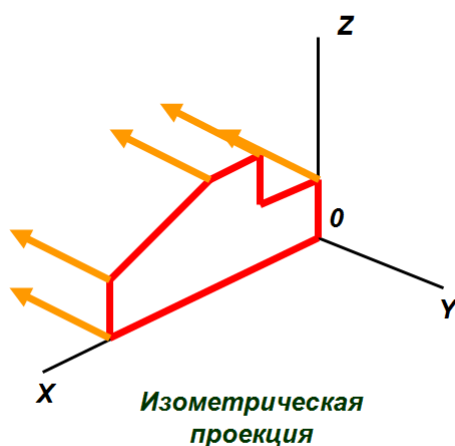




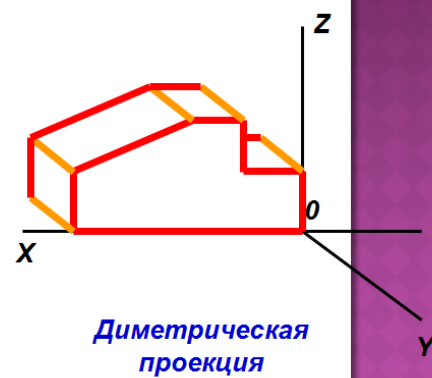
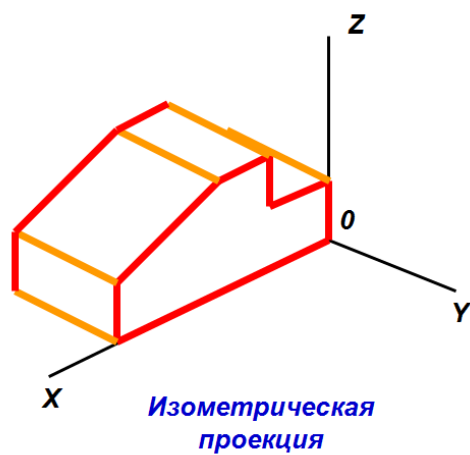
## 2. ОБНАРУЖЕНИЕ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ГРАНИ



## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ИЗМЕРЕНИЯ



#### 4. ВЫЯВЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ИЗОБРАЖЕННОГО ПРЕДМЕТА



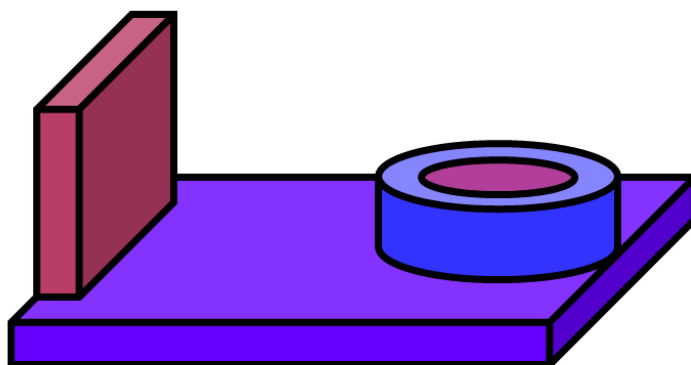
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

ДП 44.03.04.195 ПЗ

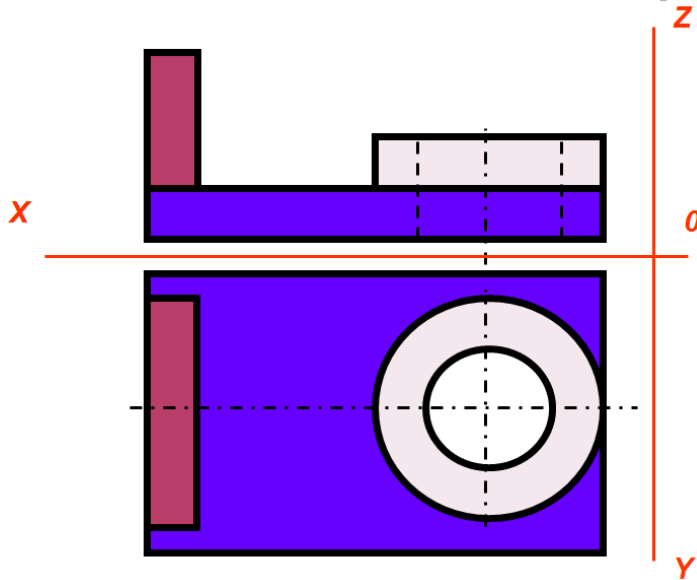
Лист

81

**-2-**  
**СПОСОБ НАРАЩИВАНИЯ ЧАСТЕЙ**

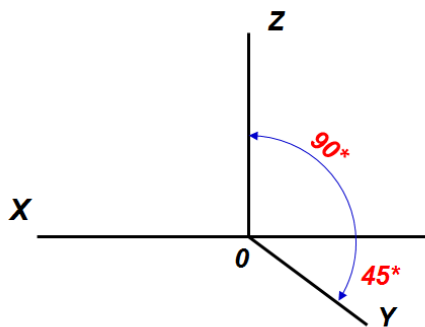


## ЧЕРТЁЖ ПРЕДМЕТА В СИСТЕМЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



## ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ:

### 1. Построение осей:



Диметрическая  
проекция

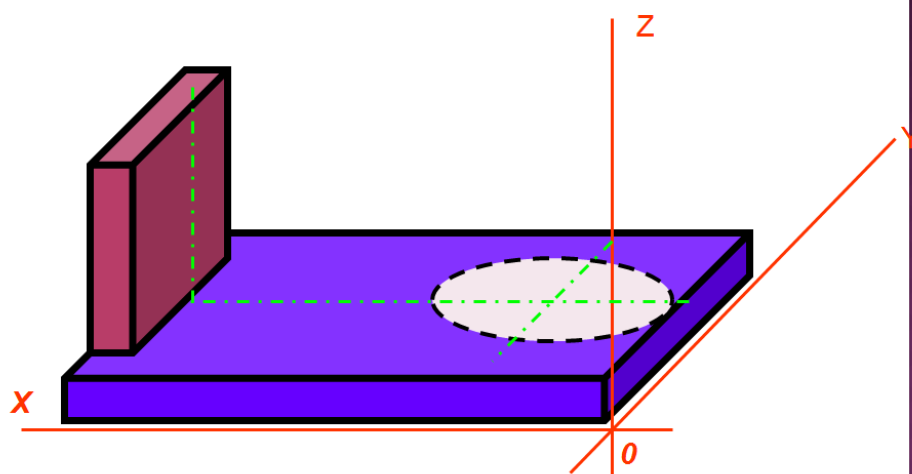
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

ДП 44.03.04.195 ПЗ

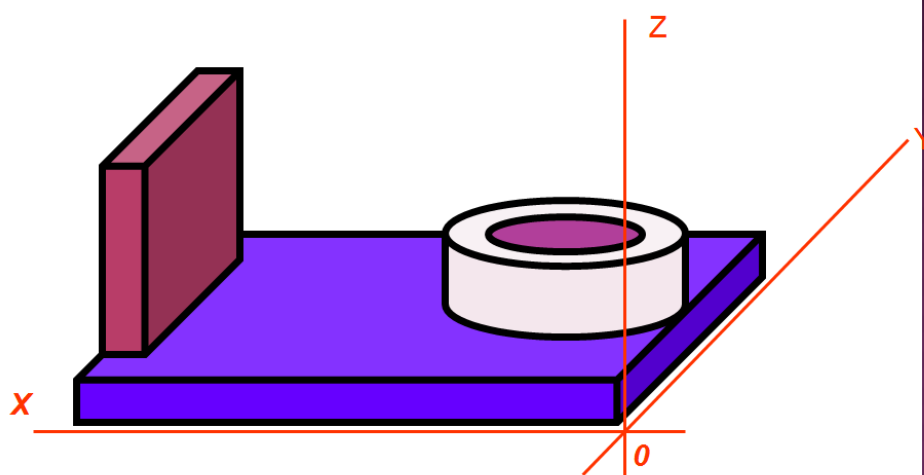
Лист

83

**2. ВЫДЕЛЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ  
ИЗОБРАЖЕНИЯ НАИБОЛЕЕ КРУПНОЙ ЧАСТИ  
ПРЕДМЕТА**



**3. НАРАЩИВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧАСТЕЙ  
ПРЕДМЕТА (В НАЧАЛЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ, А  
ЗАТЕМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ)**



Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

ДП 44.03.04.195 ПЗ

Лист

84